



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(19)

(11)

EP 0 910 109 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
21.04.1999 Patentblatt 1999/16

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: H01J 37/145

(21) Anmeldenummer: 97116910.7

(22) Anmeldetag: 29.09.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

• Lanio, Stefan, Dr.  
85435 Erding (DE)  
• Schönecker, Gerald, Dr.  
81549 München (DE)

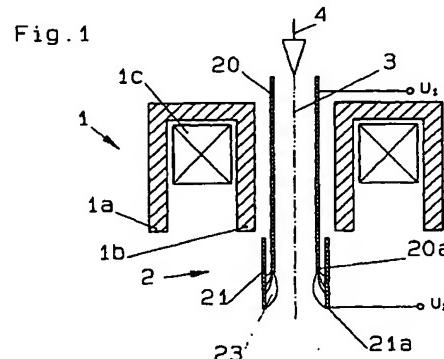
(71) Anmelder: ADVANTEST CORPORATION  
Shinjuku-ku, Tokyo 163-08 (JP)

(74) Vertreter:  
Tetzner, Volkmar, Dr.-Ing. Dr. jur. et al  
Van-Gogh-Strasse 3  
81479 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Frosien, Jürgen, Dr.  
85521 Riemerling (DE)

### (54) Objektivlinse

(57) Die Erfindung betrifft eine Objektivlinse zur Beeinflussung eines Korpuskularstrahls, insbesondere eines Elektronenstrahls mit einer magnetischen Einzelpollinse und einer elektrostatischen Linse, die eine erste und eine zweite Elektrode aufweist, die mit unterschiedlichen Potentialen beaufschlagbar sind. Die Objektivlinse ist dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse in Richtung des Korpuskularstrahls nach der magnetischen Einzelpollinse angeordnet ist.



EP 0 910 109 A1

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Objektivlinse zur Beeinflussung eines Korpuskularstrahls, insbesondere eines Elektronenstrahls, mit einer magnetischen Einzelpollinse und einer elektrostatischen Linse, die eine erste und eine zweite Elektrode aufweist, die mit unterschiedlichen Potentialen beaufschlagbar sind.

[0002] Derartige Objektivlinsen werden beispielsweise in der Elektronenstrahlmeßtechnik und anderen Anwendungsgebieten von Elektronenstrahlgeräten, wie Mikroskopie, Inspektion, Lithographie usw. eingesetzt. Die hochauflösenden Objektivlinsen sollen insbesondere im Niederspannungsbereich nur geringe Fehlerkoeffizienten aufweisen.

[0003] Aus der Praxis sind daher kombiniert elektro-magnetische Polschuh-Objektivlinsen bekannt, die geringe Fehlerkoeffizienten und dementsprechend gute Niederspannungseigenschaften aufweisen.

[0004] Eine Verbesserung dieser bekannten Objektivlinsen ist in der EP-A-0 790 634 offenbart, bei der die Magnetlinse durch eine Einzelpollinse gebildet wird, wobei innerhalb der Magnetlinse eine elektrostatische Bremslinse angeordnet ist.

[0005] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die bekannten Objektivlinsen dahingehend zu verbessern, daß noch niedrigere Aberrationskoeffizienten erzielt werden.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das kennzeichnende Merkmal des Anspruches 1 gelöst, indem die elektrostatische Linse in Richtung des Korpuskularstrahls nach der magnetischen Einzelpollinse angeordnet ist.

[0007] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die beiden Elektroden der elektrostatischen Linse als Rohrelektroden ausgebildet, wobei die erste Elektrode durch die Einzelpollinse hindurchgeführt ist und die zweite Elektrode koaxial zur ersten Elektrode angeordnet ist.

[0009] Durch eine geschlitzte Ausbildung einer der beiden Elektroden lassen sich auf einfache Weise elektrische Multipolelemente bilden, die beispielsweise als elektrostatische Ablenker, Stigmatorien oder andere Korrekturelemente geschaltet und verwendet werden können.

[0010] Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung werden anhand einiger Ausführungsbeispiele und der Zeichnung näher erläutert.

[0011] In der Zeichnung zeigen

Fig.1 eine schematische Darstellung der Objektivlinse gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig.2a eine schematische Darstellung der Objektivlinse gemäß einem zweiten Aus-

führungsbeispiel,

- 5 Fig.2b eine schematische Darstellung der Objektivlinse gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,
- 10 Fig.3a, 3b schematische Darstellungen der elektrostatischen Linse in zwei unterschiedlichen Einstellungen,
- 15 Fig.4 eine schematische Darstellung der elektrostatischen Linse gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- 20 Fig.5 eine schematische Darstellung der elektrostatischen Linse gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,
- 25 Fig.6a eine schematische Darstellung der elektrostatischen Linse mit geschlitzter Elektrode zur Bildung von elektrischen Multipolelementen,
- 30 Fig.6b eine Unteransicht der elektrostatischen Linse gemäß Fig.6a,
- 35 Fig.7a eine schematische Darstellung einer elektrostatischen Linse mit elektrischen und magnetischen Multipolen gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
- 40 Fig.7b eine Unteransicht der elektrostatischen Linse gemäß Fig.7a,
- 45 Fig.8a eine schematische Darstellung einer elektrostatischen Linse mit elektrischen und magnetischen Multipolen gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- 50 Fig.8b eine Unteransicht der elektrostatischen Linse gemäß Fig.8a und
- Fig.9 eine schematische Darstellung eines Korpuskularstrahlgerätes.
- 45 [0012] Die in Fig.1 dargestellte Objektivlinse zur Beeinflussung eines Korpuskularstrahls, insbesondere eines Elektronenstrahls, besteht aus einer magnetischen Einzelpollinse 1 und einer elektrostatischen Linse 2, die eine erste Elektrode 20 und eine zweite Elektrode 21 aufweist, die mit unterschiedlichen Potentialen beaufschlagbar sind. Die Magnetlinse 1 weist einen ersten und einen zweiten Polschuh 1a, 1b und eine Erregerspule 1c auf.
- 55 [0013] Die beiden Elektroden 20, 21 sind als Rohrelektroden ausgebildet, wobei die erste Elektrode 20 durch die Einzelpollinse 1 hindurchgeführt ist und mit ihrem unteren Ende 20a aus der Einzelpollinse 1 her-

ausragt.

[0014] Die zweite Elektrode 21 ist koaxial zur ersten Elektrode 20 derart angeordnet, daß sie die erste Elektrode 20 teilweise überlappt und im Durchmesser größer ausgebildet ist. Die elektrostatische Linse 2 bildet ein Linsenfeld 23, das sich im Bereich des unteren Endes 20a der ersten Elektrode 20 und der angrenzenden inneren Wandung der zweiten Elektrode 21 ausbreitet.

[0015] Die Objektivlinse weist eine optische Achse 3 auf, um die die Einzelpollinse 1 und die elektrostatische Linse 2 rotationssymmetrisch angeordnet sind. Mit einem Pfeil 4 ist ein Korpuskularstrahl angedeutet.

[0016] Die dargestellte Objektivlinse zeichnet sich dadurch aus, daß die elektrostatische Linse 2 in Richtung des Korpuskularstrahls 4 nach der magnetischen Einzelpollinse 1 angeordnet ist. Nachdem sich das magnetische Feld unterhalb der Einzelpollinse 1 ausbildet und sich das elektrische Feld ebenfalls unterhalb der Einzelpollinse ausbreitet, liegt das elektrische Feld entweder im oder unterhalb des magnetischen Feldes.

[0017] Die elektrostatische Linse 2 wird vorzugsweise als Bremslinse hinsichtlich des Korpuskularstrahls 4 betrieben.

[0018] Zum Aufbau der Bremswirkung auf den Korpuskularstrahl 4 wird die erste Elektrode 20 mit einer ersten Spannung  $U_1$  und die zweite Elektrode 21 mit einer zweiten Spannung  $U_2$  beaufschlagt, wobei die erste Spannung beispielsweise 2 kV und die zweite Spannung zwischen 0 und +/- 100 V beträgt, aber auch höhere Spannungen möglich sind.

[0019] Das elektrische Bremsfeld wirkt auf den primären Korpuskularstrahl somit erst ein, wenn dieser durch das Magnetfeld fokussiert worden ist. Dadurch können die durch die elektrostatische Linse nicht vermeidbaren Fehlerkoeffizienten verhältnismäßig gering gehalten werden.

[0020] Die in Fig.2a dargestellte Objektivlinse weist eine konisch ausgebildete Einzelpollinse 1' auf, die mit einer elektrostatischen Linse 2' kombiniert ist.

[0021] Eine derartige Objektivlinse eignet sich insbesondere in Korpuskularstrahlgeräten mit einem großen kippbaren Probentisch, da durch die konische Ausbildung der Einzelpollinse weiterer Platz für die Kippung der Probe gewonnen wird.

[0022] Die elektrostatische Linse 2' unterscheidet sich von der Ausführung gemäß Fig.1 dadurch, daß die zweite Elektrode 21' im Durchmesser kleiner als die erste Elektrode 20 ausgebildet ist und von unten in die erste Elektrode 20 hineinragt. Das Linsenfeld 23' bildet sich hier zwischen dem hineinragenden Ende der zweiten Elektrode 21' und der angrenzenden Wandung der ersten Elektrode 20 aus.

[0023] In Fig.2b ist schließlich eine dritte Variante einer elektrostatischen Linse 2" dargestellt, bei der sowohl die erste Elektrode 20 als auch die Zweite Elektrode 21" gleichen Durchmesser haben und mit Abstand voneinander angeordnet sind. Das sich ausbil-

dende Linsenfeld 23" ist bei dieser Anordnung im Übergangsbereich zwischen der ersten und zweiten Elektrode vorgesehen.

[0024] Zur Beeinflussung der elektrostatischen Linseneigenschaften können die beiden Elektroden 20, 21 bzw. 21' und 21" der elektrostatischen Linse 2 bzw. 2', 2" relativ zueinander in Richtung der optischen Achse verschiebbar angeordnet werden. Dadurch läßt sich beispielsweise im Ausführungsbeispiel gemäß Fig.1 der Abstand in Richtung der optischen Achse 3 zwischen dem unteren Ende 20a und dem unteren Ende 21a der beiden Elektroden verändern, wodurch nicht zuletzt auch die elektrische Feldstärke am Ort einer Probe eingestellt werden kann.

[0025] Im dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig.3a und 3b sind die beiden Elektroden 20, 21 mit unterschiedlichen Abständen  $z_1$  bzw.  $z_2$  dargestellt. Die erste Elektrode 20 taucht in Fig.3a wesentlich weiter in die zweite Elektrode 21 ein als das bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig.3b der Fall ist.

[0026] Eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung der elektrostatischen Linseneigenschaften ist in Fig.4 gezeigt, bei der die zweite Elektrode 21 mit einer Blende 5 versehen ist. Mit unterschiedlichen Öffnungs-durchmessern D der Blende 5 kann die elektrostatische Linse an die jeweiligen Bedürfnisse angepaßt werden.

[0027] Die elektrostatische Linse 2 kann neben den beiden Elektroden 20, 21 auch eine weitere, dritte Elektrode 22 aufweisen, die wiederum als Rohrelektrode ausgebildet ist. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig.5 ist die dritte Elektrode 22 koaxial um die zweite Elektrode 21 angeordnet, wobei deren unteres Ende 22a in Richtung der optischen Achse 3 einen Abstand vom unteren Ende 21a der zweiten Elektrode aufweist. Die dritte Elektrode 22 ist hier ferner mit einer Blende 5' versehen.

[0028] Eine weitere Ausführungsform sieht die Schlitzung einer der beiden Elektroden in Multipolelemente vor. In dem in Fig.6a dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Elektrode 21 mit Schlitten 21b versehen. Zwischen den Schlitten 21 bilden sich im dargestellten Ausführungsbeispiel acht elektrische Multipolelemente 21c. Durch geeignetes Anlegen von Spannungen können diese elektrischen Multipolelemente 21c als elektrostatische Ablenker, Stigmatorien oder andere Korrekturelemente geschaltet und verwendet werden. Die einzelnen Spannungen werden dabei so gewählt, daß sich wiederum eine mittlere Spannung ergibt, die der Spannung  $U_2$  entspricht.

[0029] In dem in den Fig.7a, 7b gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Elektrode 21 mit zwei Schlitten 21b versehen, so daß zwei elektrische Multipolelemente 21c, 21d gebildet werden. Außerdem der Elektrode 21 sind im Bereich der Schlitte 21b ferner jeweils ein magnetisches Multipolelement 6a, 6b angeordnet, die durch eine geeignete Anordnung von Spulen oder Permanentmagneten gebildet werden.

[0030] Mit einer derartigen Anordnung können gekreuzte, elektrisch/magnetische Dipol-Transversalfel-

der (Wienfilter) erzeugt werden. Diese können derart abgestimmt werden, daß der primäre Korpuskularstrahl 4 nicht beeinflußt wird, etwaige an einer Probe ausgelöste Sekundär- und Rückstreuerelektronen hingegen abgelenkt und einem außeraxialen in-lens- oder pre-lens-Detektor zugeführt werden, der beide Signale gemeinsam oder durch geeigneten Aufbau getrennt nachweisen kann.

[0031] Im Ausführungsbeispiel gemäß den Fig.8a, 8b sind jeweils vier elektrische Multipolelemente 21c, 21d, 21e, 21f und vier magnetische Multipolelemente 6a, 6b, 6c, 6d vorgesehen, die gekreuzte, elektrisch/magnetische Quadrupol-Transversalfelder erzeugen können. Diese können derart abgestimmt werden, daß der primäre Korpuskularstrahl nicht beeinflußt wird, die Sekundär- und Rückstreuerelektronen hingegen aufgespalten und zwei außeraxialen in-lens- oder pre-lens-Detektoren zugeführt werden können, die beide Signale gemeinsam oder durch geeigneten Aufbau getrennt nachweisen können. Im Rahmen der Erfindung können auch elektrisch/magnetische Multipolfelder höherer Ordnung angewendet werden.

[0032] Die oben beschriebene, hochauflösende Objektivlinse zeichnet sich durch geringe Aberrationskoeffizienten insbesondere im Niederspannungsreich aus. Sie kann daher insbesondere vorteilhaft in einem Elektronenstrahlgerät eingesetzt werden, wie es beispielhaft in Fig.9 dargestellt ist. Es besteht im wesentlichen aus einer Quelle 10 zur Erzeugung eines Elektronenstrahls und einer Objektivlinse 12. Neben weiteren nicht näher dargestellten Blenden und Aperturen ist insbesondere noch eine Austasteinrichtung 13 vorgesehen.

[0033] Die Objektivlinse 12 kann wahlweise entsprechend den Fig.1 bis 8b ausgestaltet sein. Im Bereich der elektrostatischen Linse 2 ist im dargestellten Beispiel ferner eine Ablenkteinrichtung 14 vorgesehen, um den Elektronenstrahl 11 auf einer Probe 15 auszulenken.

[0034] Durch Zwischenschaltung eines Sekundär-elektronen-Spektrometers kann die Objektivlinse vor teilhaft auch in der Elektronenstrahlmeßtechnik bzw. beim Elektronenstrahltesten verwendet werden.

[0035] Die elektrostatische Linse 2 kann durch die Ausbildung der Elektroden als Rohrelektroden auch als Schnorchellinse bezeichnet werden, deren geringer Durchmesser gerade in Probennähe viel Platz bietet, der zur Anbringung von Detektoren und anderen Einrichtungen sowie zur Probenkippung genutzt werden kann.

[0036] Die elektrische Feldstärke am Ort der Probe, die auch zur Absaugung von Sekundärelektronen und für den Transfer zu einem in-lens- oder pre-lens-Detektor benutzt werden kann, kann entweder durch die unterschiedliche Eintauchtiefe der ersten Elektrode 20 in die zweite Elektrode 21 oder durch eine Blende in passender Größe am unteren Ende der zweiten Elektrode 21 den Bedürfnissen entsprechend eingestellt

werden.

[0037] Die geschlitzte Ausführung der Elektrode 21 gemäß den Fig.6a bis 8b bietet die Möglichkeit, daß Strahlbeeinflussungselemente zur Ablenkung bzw. Korrektur des Primärelektronenstrahls bzw. zur Beeinflussung der Sekundärelektronen leicht und äußerst platzsparend miteinander kombiniert werden können, da dies nur einer Addition geeigneter Spannungen auf den Multipolelementen bzw. -elektroden bedarf. Hierdurch können sehr bequem Multifunktionalelemente in die Objektivlinse integriert werden, was bei konventionellen Anordnungen mangels Platz meist nicht möglich war.

## 15 Patentansprüche

1. Objektivlinse zur Beeinflussung eines Korpuskularstrahls mit einer magnetischen Einzelpollinse (1; 1') und einer elektrostatischen Linse (2), die eine erste und eine zweite Elektrode (20, 21) aufweist, die mit unterschiedlichen Potentialen beaufschlagbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (2) in Richtung des Korpuskularstrahls (4) nach der magnetischen Einzelpollinse (1; 1') angeordnet ist.
2. Objektivlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (20) als Rohrelektrode ausgebildet ist, die durch die Einzelpollinse (1) hindurchgeführt ist und mit ihrem unteren Ende (20a) aus der Einzelpollinse (1; 1') herausragt.
3. Objektivlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Elektrode (20, 21) als Rohrelektroden ausgebildet sind.
4. Objektivlinse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (20) durch die Einzelpollinse (1; 1') hindurchgeführt ist und die zweite Elektrode (21) koaxial zur ersten Elektrode angeordnet ist.
5. Objektivlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Objektivlinse eine optische Achse (3) aufweist, um die die Einzelpollinse (1; 1') und die beiden Elektroden (20, 21) rotationssymmetrisch angeordnet sind, wobei die beiden Elektroden (20, 21) - in Richtung der optischen Achse (3) - relativ zueinander verschiebbar sind.
6. Objektivlinse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode (21) an ihrem von der Einzelpollinse (1; 1') entfernten Ende (21a) eine Blende (5; 5') aufweist.
7. Objektivlinse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine der beiden Elektroden zur Bildung von elektrischen Multipolelementen (21c -

21f) geschlitzt ausgebildet ist.

8. Objektivlinse nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der geschlitzte Teil der Elektrode (21) als elektrostatischer Ablenker ausgebildet ist. 5

9. Objektivlinse nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der geschlitzte Teil der Elektrode (21) als Stigmator ausgebildet ist.

10

10. Objektivlinse nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß den elektrischen Multipolen (21c - 21f) magnetische Multipole (6a - 6d) überlagert sind.

15

11. Objektivlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrostatische Linse (2) bezüglich des Körpuskularstrahls als Bremslinse wirkt.

12. Objektivlinse nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei elektrische und magnetische Multipole (21c, 21d, 6a, 6b) derart angeordnet sind, daß sie gekreuzte, elektrisch/magnetische Dipol-Transversalfelder bilden.

20

25

13. Objektivlinse nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils vier elektrische und magnetische Multipole (21c, 21d, 21e, 21f, 6a, 6b, 6c, 6d) derart angeordnet sind, daß sie gekreuzte, elektrisch/magnetische Quadrupol-Transversalfelder bilden. 30

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

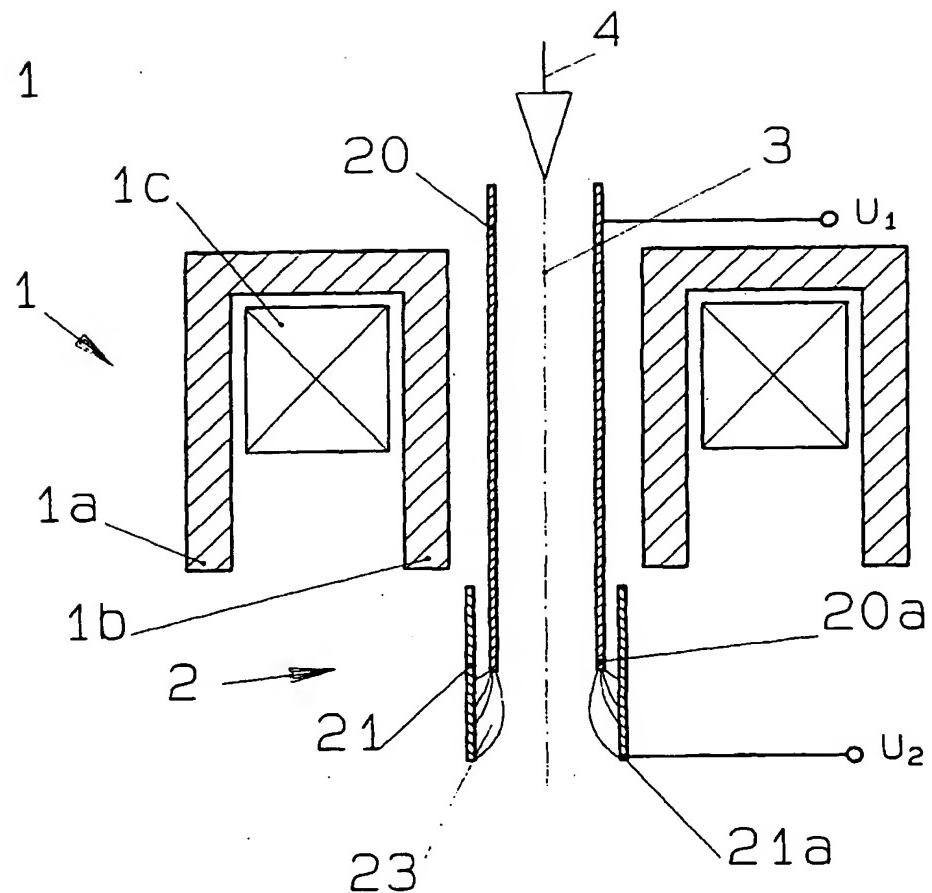


Fig. 2a

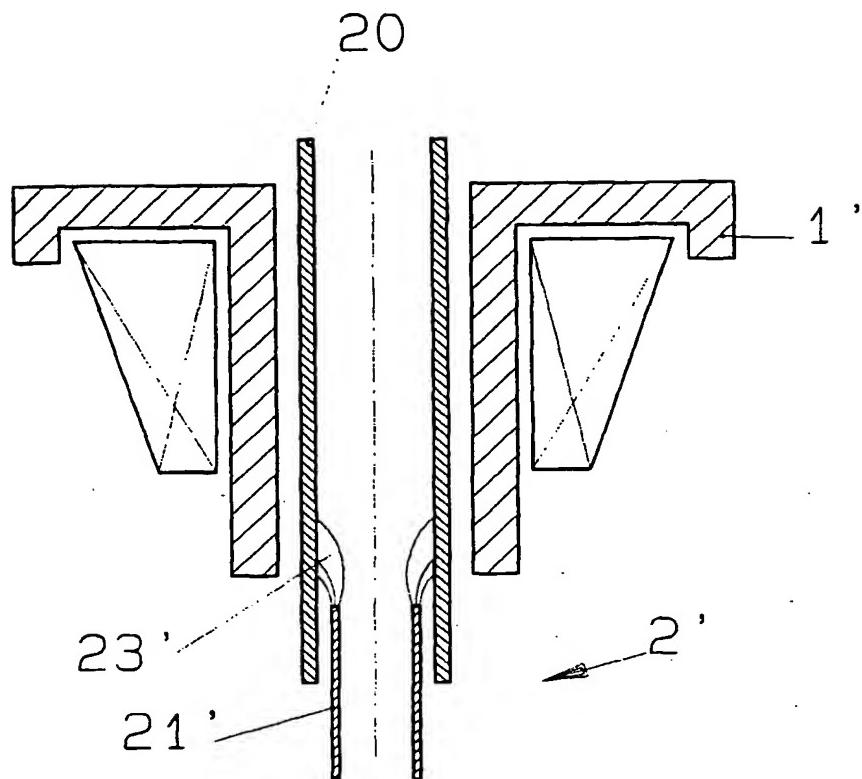


Fig. 2b

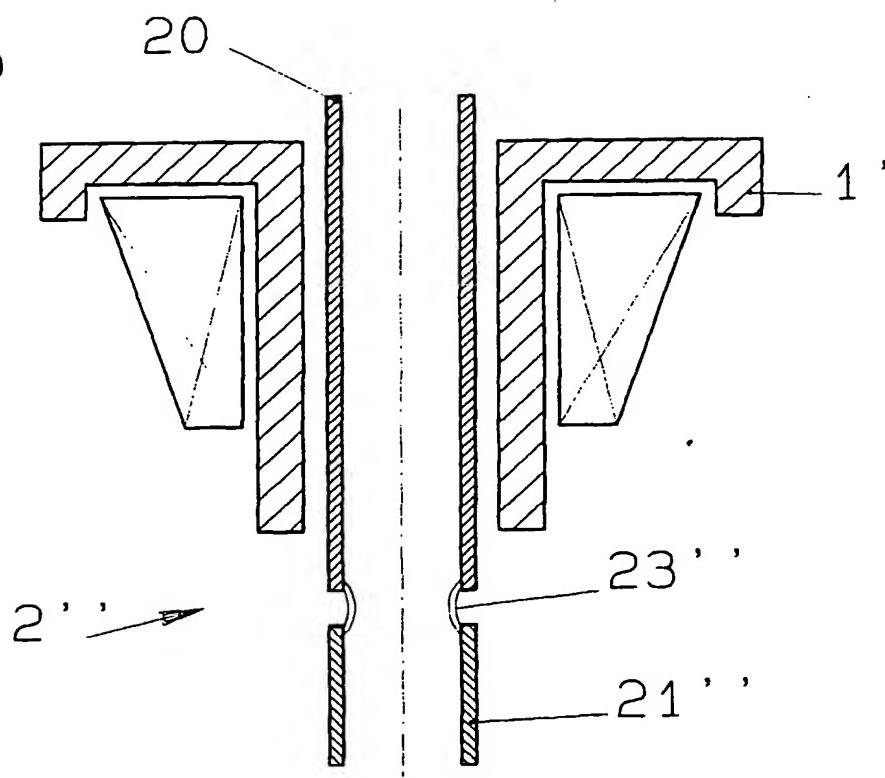


Fig. 3a

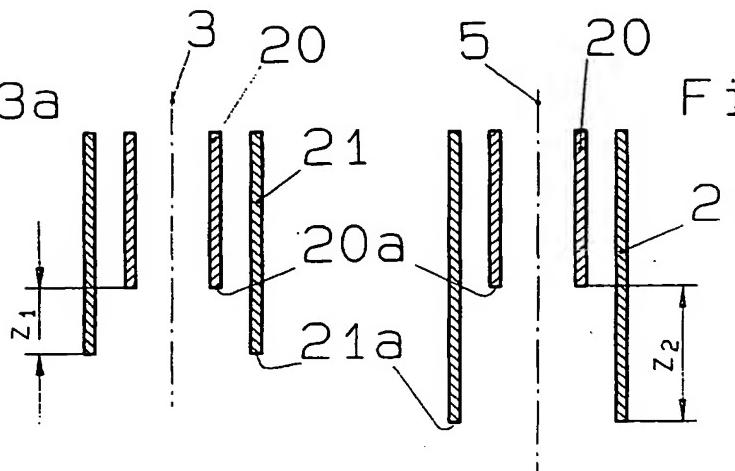


Fig. 3b

Fig. 4

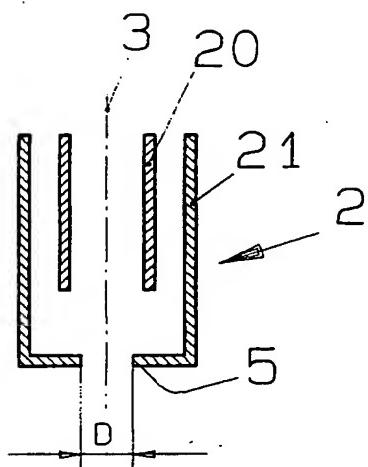


Fig. 5

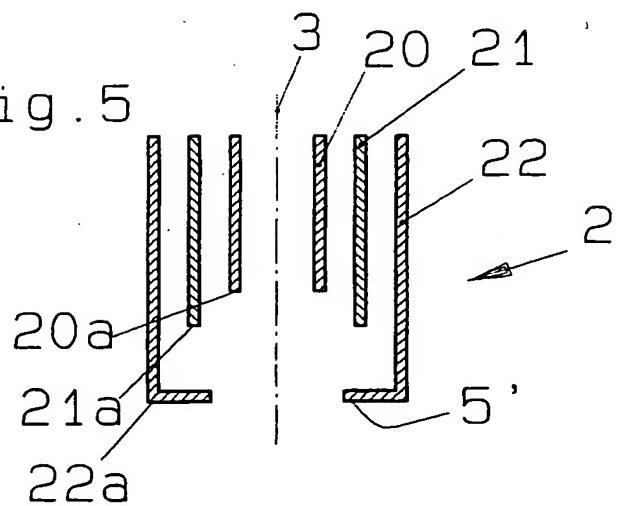


Fig. 6a

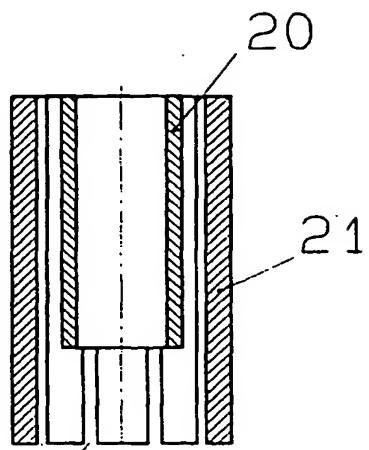


Fig. 6b

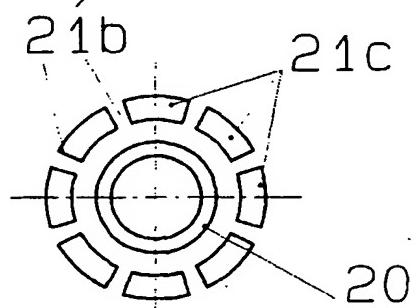


Fig. 7a

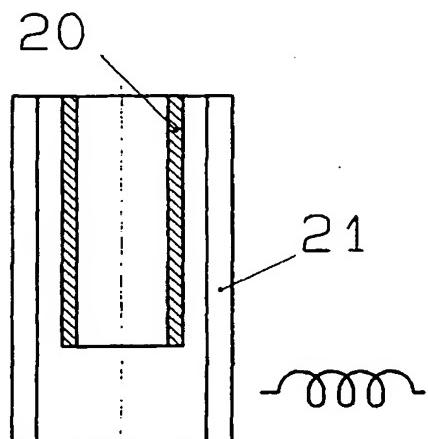
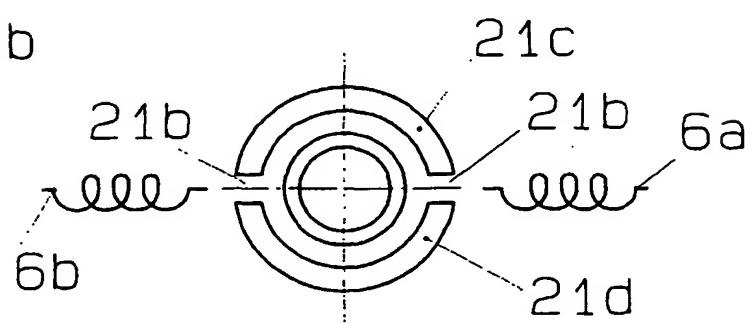


Fig. 7b



20

Fig. 8a

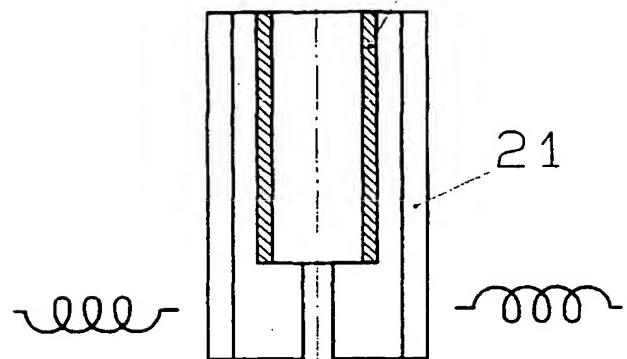
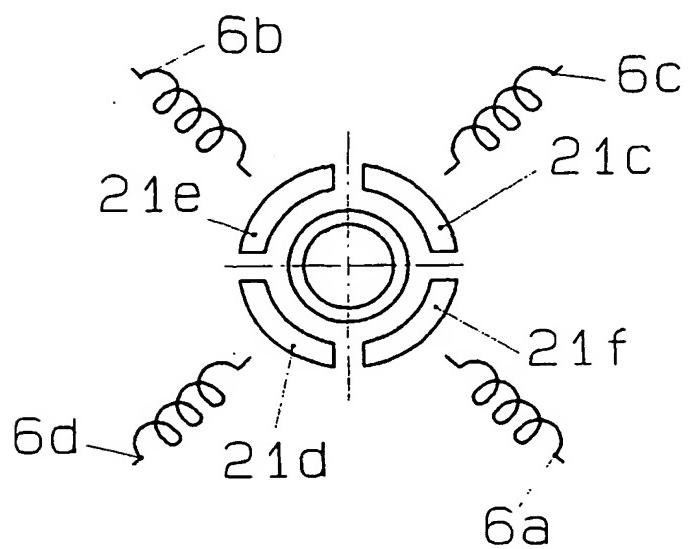


Fig. 8b



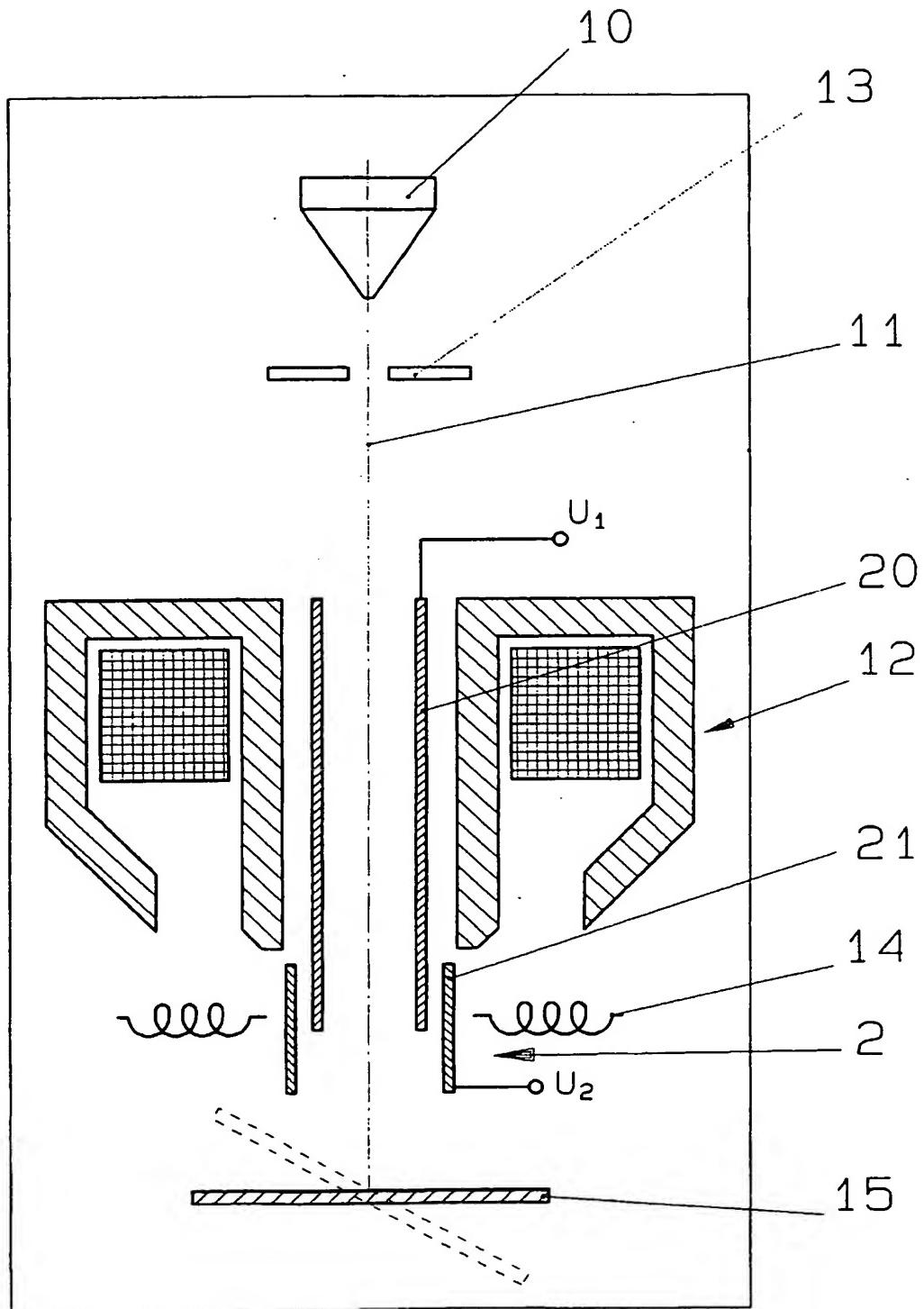


Fig. 9



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 97 11 6910

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriftt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D, Y	EP 0 790 634 A (ACT ADVANCED CIRCUIT TESTING) * Zusammenfassung; Abbildungen * ---	1-3, 11	H01J37/145
Y	US 5 644 132 A (LITMAN ALON ET AL) * Spalte 5, Zeile 15 - Zeile 60; Abbildung 1 * ---	1-3, 11	
A	US 5 606 261 A (GOLLADAY STEVEN D) * Spalte 10, Zeile 8 - Spalte 14, Zeile 38; Abbildung 5 * -----	1-3, 11	
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.6) H01J			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
DEN HAAG	18. Februar 1998		Schaub, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführte Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			